

CRYSTAL GROWING DEVICE

Patent Number: JP3012389
Publication date: 1991-01-21
Inventor(s): KUBO TAKAYUKI; others: 03
Applicant(s):: SUMITOMO METAL IND LTD
Requested Patent: ☐ JP3012389
Application Number: JP19890145829 19890608
Priority Number(s):
IPC Classification: C30B15/14 ; H01L21/208
EC Classification:
Equivalents: JP2019197C, JP7045355B

Abstract

PURPOSE: To reduce the amount of a raw material in a crucible at the time of completing pulling-up and to enhance the production yield of crystal by providing a heat shielding body for shielding radiation heat due to a heater to the lower part of the heater provided around the crucible in the case of pulling up and growing crystal in a molten layer method.

CONSTITUTION: A heater 2 is provided around a crucible 1 and also at least one of heat shielding body 22 for shielding radiation heat due to the heater 2 is provided to the lower part thereof. A raw material 7 for crystal is supplied to the crucible 1. Crystal 5 is grown by pulling up melt 6 to the upper part while the raw material is melted by the heater 2 toward the lower side from the upside. Thereby radiation heat radiated in the part wherein the solid layer 7 in the crucible 1 is formed, namely in the vicinity of the lower side of the crucible 1 is absorbed by the heat shielding body 22. The ratio of the solid layer 7 is made large for the molten layer 6. The solid layer 7 can be made thicker than a floating limit.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Ref. #11
99-3590(2702)
Hariprasad Sreedharamurthy
09/757,121

⑫ 公開特許公報(A)

平3-12389

⑤Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成3年(1991)1月21日

C 30 B 15/14
H 01 L 21/208P 8618-4G
7630-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑭発明の名称 結晶成長装置

⑯特 願 平1-145829

⑰出 願 平1(1989)6月8日

⑱発明者 久保 高行 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
 ⑱発明者 藤原 俊幸 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
 ⑱発明者 宮原 俊二 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
 ⑱発明者 小林 純夫 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
 ⑲出願人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
 ⑳代理人 弁理士 河野 登夫

明 細 書

1. 発明の名称 結晶成長装置

2. 特許請求の範囲

1. るつば内の結晶用原料を、前記るつばの周囲に設けたヒータにて上側から下側へ向けて溶融しつつ、その溶融液を上方へ引き上げて結晶を成長させる装置において、

前記ヒータの下方に、該ヒータによる輻射熱を遮蔽する熱遮蔽体を少なくとも1つ設けたことを特徴とする結晶成長装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は例えば半導体装置の材料として使用されるシリコン単結晶等の結晶を成長させる装置に関する。

〔従来技術〕

単結晶を成長させるには種々の方式があるが、その中に例えばチョクラスキー法(CZ法)等の回転引上げ方式がある。第6図は従来の回転引上げ方式の結晶装置の模式的縦断面図であり、図中

1はるつばである。該るつば1は有底円筒状の石英製の内層保持容器1bと該内層保持容器1bの外側に内層保持容器1bを保持すべく嵌合された同じく有底円筒状の黒鉛製外層保持容器1aとにて構成されている。るつば1の外側には抵抗加熱式ヒータ12が、その更に外側には図示しない黒鉛製の保温筒が夫々同心円筒状に配設されており、るつば1内には所定重量の原料をヒータ12により溶融させた溶融液13が充填されている。前記るつば1の中心軸上には図中矢符方向に所定速度で回転する引上げ棒(またはワイヤー、以下両者を合わせて「引上げ棒」と記す)14が配されている。るつば1は引上げ棒14と同一軸心で逆方向に所定速度で回転するるつば支持軸14aにて支持されている。そして該引上げ棒14に取付けられた種結晶15aを、溶融液13の表面に接触させ、引上げ棒14を結晶生成に合わせて回転させつつ上方へ引き上げていくことにより、溶融液13を凝固させ、単結晶15を成長させる。

従来、半導体単結晶を回転引上げ方式にて成長

させる場合、引き上げ前に一括して熔融液13に不純物を添加し半導体結晶の電気抵抗率、電気伝導型の調整を図っていたので、この不純物が単結晶15の引き上げ方向に沿って偏析し、引き上げ方向に均一な電気的特性を有する単結晶が得られないという問題があった。この偏析は、単結晶のある点での凝固開始時の不純物濃度と凝固終了時の不純物濃度との比、つまり凝固の際に熔融液・単結晶界面に実際生じる単結晶中の不純物濃度 C_s と熔融液中の不純物濃度 C_l との比 C_s/C_l 、即ち、実効偏析係数 K_e に起因して生じる。これを詳述すると、例えば $K_e < 1$ の場合には単結晶が成長せしめられるに伴って熔融液中の不純物濃度が自ずと高くなっていき、単結晶に偏析が生じるのである。なお上記実効係数 K_e は公知である。

上記偏析の発生を抑制して回転引き上げ法により単結晶を成長させる方法として熔融層法がある。

第7図は該熔融層法による従来の結晶成長装置の模式的縦断面図であり、第6図と同様に構成されたるつぼ1内に挿入した単結晶用原料の上層部

をヒータ12にて熔融させることにより、上層に熔融層6が形成され、その下層は固体層7となる。該固体層7を引上げ棒14の引上げに伴ってヒータ12にて熔融することにより、るつぼ1内の熔融液量を一定に維持させる（熔融層厚一定法）。この方法による場合には、実効偏析係数 K_e の値に拘わらず単結晶の成長に伴って新たに不純物濃度の低い固体層を溶かすことにより不純物濃度 C_l を低減させる。（特公昭34-8242号、特公昭62-880号、実開昭60-32476号）。

また、単結晶15の成長に伴ってるつぼ1またはヒータ12を昇降させ、るつぼ1内の熔融液量を変化させることにより、偏析を抑制する方法（熔融層厚変化法）が特開昭61-205691号に開示されている。

ところで、前述した熔融層法における偏析軽減の原理は、最初にるつぼ1内に充填される熔融液の重量（初期充填量）を1とし、原料上面から測った重量比 x の位置における不純物濃度を C_x で表すことにより第8図～第11図に示すような一

次元モデルにて説明できる。この際、初期充填量1に対する結晶引き上げ率を f_s 、熔融液（層）の重量比を f_l 、原料の重量比（原料比、下部固体率）を f_p 、 $f_s = f_l + f_p$ とおくと次式(1)の如く定義される。

$$f_s + f_p = f_l + f_l + f_p = 1 \quad \dots (1)$$

なお、CZ法等の回転引き上げ方式では原料として高純度多結晶が用いられることが多いが、まず、より一般的に原料中の不純物濃度 $C_p \neq 0$ の場合を説明する。また図において左方をるつぼ1上面側とする。

第8図は原料をるつぼ1内に挿入した直後の状態を示し、 $f_p = 1$ である。第9図は第8図の原料が原料上面から f_l だけ熔融され、それに不純物を添加した初期溶解終了時の状態を示す。

C_l は初期融液中不純物濃度であり、 $f_s = f_l$ である。第10図は結晶引き上げ中の変化を示す。原料上面から f_s だけ結晶を引き上げ、原料は更に f_l だけ熔融される。 C_l は熔融液中の不純物濃度であり、 C_p は原料の不純物濃度である。 f_s

から更に $f_s + \Delta f_s$ だけ結晶を引き上げる間に $C_l \cdot \Delta f_s$ だけ不純物を添加した場合 f_l は $f_l + \Delta f_l$ に、 C_l は $C_l + \Delta C_l$ に、 f_p は $f_p + \Delta f_p$ に変化する。 C_s は結晶中の不純物である。この際、変化前の C_l 、 C_p 及び変化後の C_s 、 $C_l + \Delta C_l$ 、即ち図中Aで示す領域の不純物量は一定である。これにより、次式(2)が成立する。

$$C_l \cdot f_l + C_p \cdot \Delta f_s + C_s \cdot \Delta f_l = C_s \cdot \Delta f_s + (C_l + \Delta C_l) \cdot (f_l + \Delta f_l) \quad \dots (2)$$

ここで

$$C_s = K_e \cdot C_l \quad \dots (3)$$

但し、 K_e : 実効偏析係数

であるので、これを(2)式に適用し、(2)式中の2次の微小項を省略することにより次式(4)を得る。

$$f_l \cdot \frac{d C_l}{d f_s} + (K_e + \frac{d f_l}{d f_s}) C_l = C_s + C_p \cdot \frac{d f_s}{d f_s} \quad \dots (4)$$

(4)式より例えば、理想の場合として $C_p = 0$

とし、結晶中不純物濃度 C_s を以下の如く算出し、その偏析を求めることができる。即ち通常のCZ法の場合は $f_s = 0$ 、 $\Delta f_s + \Delta f_l = 0$ 、 $C_s = 0$ より

$$(1 - f_s) \frac{dC_s}{df_s} + (K_e - 1) C_s = 0 \quad \dots (5)$$

これを(3)式に代入すると、

$$C_s = K_e C_l (1 - f_s)^{K_e - 1} \quad \dots (6)$$

となる。

同様にして熔融層法の場合は $dC_s / df_s = 0$ 、 $C_s = 0$ とすると、(4)式により、

$$C_s = (K_e + \frac{df_l}{df_s}) C_l \quad \dots (7)$$

となり、これが無偏析引き上げを実現するための条件である。これを熔融層厚一定法に適用した場合は $df_l / df_s = 0$ とし、

$$C_s = K_e C_l = K_e C_l \quad \dots (8)$$

が得られ、この不純物量 C_s を連続的に添加することにより、無偏析条件を実現させる。また、熔融層厚変化法に適用した場合は不純物の連続添加

を行わないので $C_s = 0$ であり、(7)式より

$$\frac{df_l}{df_s} = -K_e \quad \dots (9)$$

が満足されるように結晶引上げに伴って熔融層厚を変化させる。

第11図は引上げ終了時の分布を示すものである。熔融層厚一定法では熔融液13下の固体層が全部熔融して $f_s = 0$ となった後は、無偏析条件が成立せず、(6)式に従って偏析が生じる。一方、熔融層厚変化法では初期融液率を f_{l0} とすると、(9)式より

$$f_l = f_{l0} - K_e f_s \quad \dots (10)$$

となる。 $K_e < 1$ なので $f_{l0} = K_e$ とすることにより引き上げ終了時まで無偏析条件を保つことができ、偏析が軽減される。

熔融層厚変化法において、熔融層厚の制御はヒータ12の発熱長、るつぼ1の深さ、保温筒の形状、材質を予め適切に選択することにより行われる。第12図は第7図と同様の従来の結晶成長装置内の中心軸上の温度分布を示す説明図である。図中 T_s 、

は熔融層6と固体層7との境界温度であり、原料の融点で決まる一定値である。 T_b は石英製の内層保持容器1bの底部上面の温度、 T_c は石英製内層保持容器1bの底部下面と黒鉛製外層保持容器1a間の境界温度、 T_d は黒鉛製外層保持容器1aの底部下面温度、 T_e は支持軸14a下部の温度である。

ここでヒータ12の電力(発熱量)はほぼ一定に設定されるので固体層7、支持軸14aを介して熱電導により下方へ放散される熱量 Q_i は一定になる。従って第9図より近似的に次式(11)が成立する。

$$\begin{aligned} Q_i &= \lambda_7 S_c \frac{T_b - T_s}{l_7} \\ &= \lambda_1 S_c \frac{T_b - T_c}{l_1} \\ &= \lambda_c S_c \frac{T_c - T_d}{l_c} \\ &= \lambda_p S_p \frac{T_d - T_e}{l_p} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

但し、 λ_7 : 固体層7の熱伝導率

λ_1 : 内層保持容器1bの熱伝導率

λ_c : 外層保持容器1aの熱伝導率

λ_p : 支持軸14aの熱伝導率

S_c : 内層保持容器1b内断面積

S_p : 支持軸14aの断面積

l_7 : 固体層7の軸方向長さ

l_1 : 石英製内層保持容器1bの底部の軸方向長さ

l_c : 黒鉛製外層保持容器1aの底部の軸方向長さ

l_p : 真空容器内支持軸14aの長さ

(11)式より T_b 、 T_c 、 T_d を消去すると、

$$\begin{aligned} \frac{T_b - T_s}{Q_i} &= \frac{l_7}{\lambda_7 S_c} + \frac{l_1}{\lambda_1 S_c} \\ &\quad + \frac{l_c}{\lambda_c S_c} + \frac{l_p}{\lambda_p S_p} \quad \dots (12) \end{aligned}$$

一方、通常の結晶引上げにおいては熔融液6の表面位置は一定に保たれるので、第9図中 l は一定であり、

$$\Delta l_s + \Delta l_7 + \Delta l_p = 0 \quad \dots (13)$$

但し、 l_s : 熔融層6の軸方向長さ

という関係が成立つ。また

$$\Delta l_1 / \Delta l_2 = \Delta f_1 / \Delta f_2 \quad \dots 04$$

であり、

$$\Delta f_1 + \Delta f_2 + \Delta f_3 = 0 \quad \dots 05$$

であることを用いると、

$$\Delta f_1 \propto \Delta l_2 \quad \dots 06$$

となる。

これらを05式に適用すると、

$$\begin{aligned} \frac{\Delta f_1}{\Delta f_2} &= - \frac{\Delta f_1 + \Delta f_3}{\Delta f_2} \\ &= -1 - \frac{\Delta f_3}{\Delta f_2} \\ &= -1 - \frac{\Delta l_2}{\Delta l_2} \\ &= -1 + \frac{\lambda_7 S_7}{\lambda_2 S_2} \quad \dots 07 \end{aligned}$$

となる。即ち、固体層7の伝熱性 $\lambda_7 S_7$ と、支持軸14aの伝熱性 $\lambda_2 S_2$ が等しければ Δf_1 （溶融層厚の変化量）は一定に保たれ、 $\lambda_2 S_2 > \lambda_7 S_7$ であれば、 Δf_1 は引き上げに伴って減少すると

上述の如き問題点を解決するために本発明者等は結晶の製造歩留りを向上させるべく研究、実験を行ったところ、溶融層6と固体層7との比率は従来技術で説明した伝熱条件以外に、前記保温筒8から反射されるヒータ12の輻射熱流量 q の分布に依存するということを知見した。つまり、原料及び支持軸14aを介して熱伝導により下方へ拡散される熱量が同じであれば、固体層7が形成されるべき位置に放射される前記輻射熱流量 q が小さい程、溶融層6に対する固体層7の比率は大きくなる。ところが、従来の結晶成長装置において前記保温筒8は、るつば1の上方から支持軸14aの上端にわたる領域に、ヒータ12からの輻射熱を放射せしめ、ヒータ12の加熱効率を向上させるので、固体層7が形成されるべき位置に対応するるつば1にも保温筒8から反射される輻射熱が放射される。このため固体層7が必要以上に溶融され前記固体層7の比率が小さくなり、引上げ終了時の原料量が増大し、結晶の製造歩留りが悪い。そこで固体層7を浮上限界よりも厚くすべく前記輻射熱

のような伝熱条件が成立する。該伝熱条件に基づき溶融層厚の制御が可能となる。

〔発明が解決しようとする課題〕

上述の如く04式に示した無偏析条件及び05式に示した伝熱条件に基づき溶融層厚変化法により引上げを実施した場合、理論的には結晶全長にわたって均一に偏析が抑制できるはずである。

しかしながら、溶融層法による結晶引上げにおいて半導体装置の材料として使用される結晶の原料の固体密度は、融液密度よりも小さいので、実際には結晶引上げが進行して固体層7の厚みが浮上限界内の一定値以下になるにつれ、固体層7が溶融層6中に浮上し、結晶引上げの妨げとなる。このため、従来の結晶成長装置による結晶引上げにあっては、るつば1内に原料（溶融層6及び固体層7）を残した状態で結晶引上げが終了されることとなり、引上げ終了時における溶融層6及び固体層7の比率、即ち引上げ終了時における結晶引上げ率により決まる結晶の製造歩留りが悪いという問題があった。

を減少させるためには、ヒータ12の下方に熱遮蔽体を設け、これにより、固体層7が形成されている部位、即ちるつば1の下側近傍へ放射される輻射熱を吸収すればよい。

本発明は斯かる知見に基づきなされたものであり、固体層6を浮上限界より厚くすることができ、引上げ終了時のるつば1の原料量を減少させ、結晶の製造歩留りを向上させる結晶成長装置を提供することをその目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の結晶成長装置は、るつば内の結晶用原料を、前記るつばの周囲に設けたヒータにて上側から下側へ向けて溶融しつつ、その溶融液を上方へ引き上げて結晶を成長させる装置において、前記ヒータの下方に、該ヒータによる輻射熱を遮蔽する熱遮蔽体を少なくとも1つ設けたことを特徴とする

〔作用〕

本発明の結晶成長装置にあっては、るつば1の周囲に設けられたヒータ2の下方に、該ヒータ2

による輻射熱を遮蔽する熱遮蔽体が少なくとも1つ設けられる。該熱遮蔽体により、るつぼ1の下側近傍に放射される前記輻射熱が吸収され、前記るつぼ1の下側近傍への輻射熱量が減少する。

これによりるつぼ1の下側近傍に形成される固体層7の比率を熔融層6に対して大きくさせ、固体層7を浮上限界より厚くすることができ、熔融層6を効率よく引上げて結晶成長させ、引上げ終了時のるつぼ1内の原料量が減少される。

〔実施例〕

以下本発明を図面に基づき具体的に説明する。第1図は本発明の結晶成長装置を示す模式的縦断面図であり、図中10は所要の真空度に設定されたチャンバを示す。該チャンバ10の上面中央部には矢符方向に所定速度で回転する引上げ棒4がエアシールドされて貫通されている。該引上げ棒4には種結晶5aが取付けられている。

チャンバ10の底面中央部には引上げ棒4と同一軸心で後述する如く2重構造を有し、引上げ棒4と逆方向に所定速度で回転するるつぼ1の支持軸

4aがエアシールドされて貫通している。該支持軸4aの先端には有底円筒状の外層保持容器1aの内側に、石英製であり有底筒状の内層保持容器1bを嵌合させて2重構造としてあるるつぼ1が取付けられている。前記るつぼ1の上方のチャンバ10内には不純物を貯留する図示しない貯留箱が設けられており、その底蓋を図示しない開閉手段にて開けると内層保持容器1b内に不純物を添加できるようになっている。

るつぼ1の回転域のやや外側の位置には抵抗加熱式のヒータ2が、その更に外側のチャンバ10との間の位置にはるつぼ1の上方から支持軸4aの先端にわたる軸長方向長さを有する保温筒8が夫々同心円状に配設されている。ヒータ2は、その軸長方向長さがるつぼ1のそれよりも適当に短く、るつぼ1の底部よりやや上方に、軸長方向の下端部を位置させて配されている。

前記ヒータ2の下方には3個のモリブデン製の輻射熱遮蔽体22、22、22がヒータ2と同軸状に配設されている。

前記るつぼ1内には、所定重量の固形単結晶用原料の上層部をヒータ2にて熔融させることにより、上層の熔融層6及び下層の固体層7が形成されている。

また、チャンバ10の上部には小片または粒状の固体原料を収納するホッパ（図示せず）より固体原料を取り出し、秤量した後、原料をるつぼ1内に投入できるようにした原料供給器11が配設されている。

以上のように構成された結晶成長装置にあっては、所定重量の熔融層6及び固体層7を形成し、引上げ棒4に取付けられた種結晶5aを熔融層6の表面に接触させる。そして引上げ棒4を結晶成長に合わせて回転させつつ上方へ引上げていくことにより、熔融液を凝固させ、単結晶5を成長させる。原料の熔融中、熔融後または結晶引上げ中には随時熔融液中へ不純物が添加される。

結晶の成長に伴い、るつぼ1の位置制御及び／又はヒータ2の温度制御により固体層7を熔融し、引上げを行う。

この際、保温筒8からるつぼ1の固体層7が形成されている部位、即ちるつぼ1の下側近傍へ放射される輻射熱は、前記輻射熱遮蔽体22、22、22により吸収される。輻射熱遮蔽体22をn個設けた場合、保温筒8からるつぼ1の固体層7が形成されている部位へ放射される輻射熱量 q_n は、ステファン-ボルツマンの法則により次式にて求められる。

$$q_n = \frac{1}{\left(\frac{2}{\epsilon_1} - 1\right)n + \left(\frac{2}{\epsilon_0} - 1\right)} \cdot \sigma (\theta_{n+1}^4 - \theta_0^4) \quad \dots (1)$$

但し、 ϵ_1 : 輻射熱遮蔽体22の放射率

ϵ_0 : るつぼ1及び保温筒8の放射率

θ_{n+1} : 保温筒8の絶対温度

θ_0 : るつぼ1の絶対温度

σ : ステファン-ボルツマン定数

①式より、輻射熱遮蔽体22を設けない場合($n=0$)の保温筒8からるつぼ1の固体層7が形成されている部位へ放射される輻射熱量 q_0 と上記輻射熱量 q_n との熱流量比 q_n/q_0 は、

$$\frac{q_n}{q_o} = \frac{1.22}{19. + 1.22} \quad \dots 09$$

但し、 $\epsilon_1 = 0.1$ (Mo製熱遮蔽体12の放射率)

$\epsilon_o = 0.9$ (黒鉛製のつぼ1及び保温筒8の放射率)

である。

第2図は09式により算出される熱流量比 q_n / q_o を熱遮蔽体22の個数に対応させて示したグラフであり、縦軸は熱流量比 q_n / q_o 、横軸は熱遮蔽体22の個数である。図より明らかな如く、熱遮蔽体22を1個設けることにより熱流量比 q_n / q_o は $n=0$ の場合と比して94%減少する。また熱遮蔽体22を2個設けた場合は更に約3%熱流量比 q_n / q_o を減少させることができ、3個設けた場合は更に約1%減少できるという様に熱遮蔽体22の個数が増加するのと反比例に熱流量比 q_n / q_o は減少する。

(実験例)

本発明の結晶装置において熱遮蔽体22、22、22として厚さ5mm、高さ300mm、内径が夫々300mm、

れ、安定した形状に保持されることがわかった。

なお、本実施例においては熱遮蔽体22の材質をモリブデンとしたが、本発明の熱遮蔽体12の材質は耐熱性が良く、熱により変形せず、またガスが発生しにくい物質であればどのようなものでもよく例えばタングステン、タンタル等でもよい。更に熱遮蔽体22の配設個数及び寸法も本実施例及び実験例のものに限るものではなく、例えば第3図に示す如き第1図と同様の本発明装置において、ヒータ2の下方に1個の熱遮蔽体22をヒータ2の同心状に設けた場合でも第2図にした如く熱流量比 q_n / q_o は大幅に減少する。

(効果)

以上詳述した如く本発明の結晶成長装置においては、固体層7が形成されている部位、即ちつぼ1の下側近傍に放射される輻射熱を遮蔽する熱遮蔽体22が少なくとも1つ設けられているので、該熱遮蔽体22により前記輻射熱が吸収される。これにより固体層7を浮上限界より厚くすることができ、引上げ終了時のつぼ1内の原料量を減少

400mm、500mmのモリブデン製の円筒3個を、ヒータ2の下方にヒータ2と同心状に配設し、原料として多結晶シリコンを、不純物として原料に対する実効偏析係数 K_e が0.35であるリンを用いて、熔融層厚変化法による結晶引上げを行った。

また比較として熱遮蔽体を用いない従来装置にて同様の条件で結晶引上げを行った。

その結果、従来装置にあっては結晶化率 $f_s = 0.62$ であり、固体層7の熔融層6への浮遊が確認された。一方、本発明装置にあっては $f_s = 0.75$ まで固体層7の浮遊なしに結晶化でき、製造歩留りが向上された。また、石英パイプにより固体層7の厚みを測定したところ、従来装置においては熔融層6と固体層7との界面が第5図の如く平面的に形成されず、固体層7の中央部が盛り上がった形状であった。一方、本発明装置においては第4図の如く熔融層6と固体層7との界面が平面的に形成され、固体層7の外周がつぼ1の内周面に沿って固着していた。これにより本発明装置の固体層7は従来に比して均一な溶け出しが実現さ

させ、結晶の製造歩留りを向上させることができるといふ優れた効果を奏する。

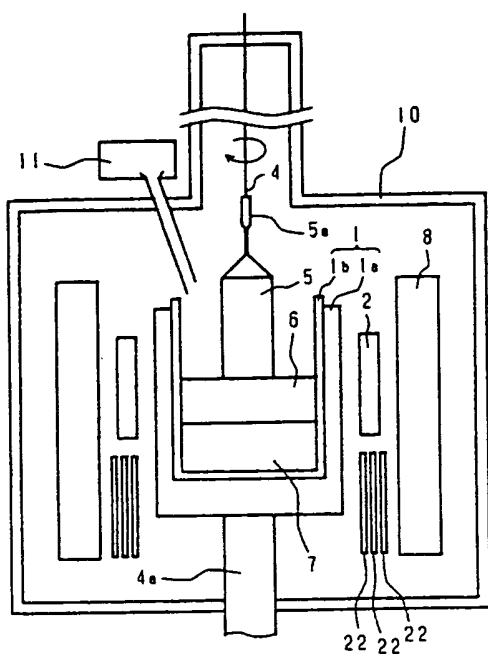
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の結晶成長装置を示す模式的縦断面図、第2図は本発明の結晶成長装置の輻射熱流量 q_n と従来の結晶成長装置の輻射熱流量 q_o との熱流量比 q_n / q_o を示すグラフ、第3図は本発明装置の他の実施例を示す模式的縦断面図、第4図は本発明の結晶成長装置におけるつぼ1内の熔融層と固体層との界面を示す模式的縦断面図、第5図は従来の結晶成長装置における同模式的縦断面図、第6図は従来の結晶成長装置の模式的縦断面図、第7図は熔融層法による従来の結晶成長装置の模式的縦断面図、第8図～第11図は不純物の偏析軽減の原理を説明するための一次元モデルを示す説明図、第12図は従来の結晶成長装置内の中心軸上の温度分布を示す説明図である。

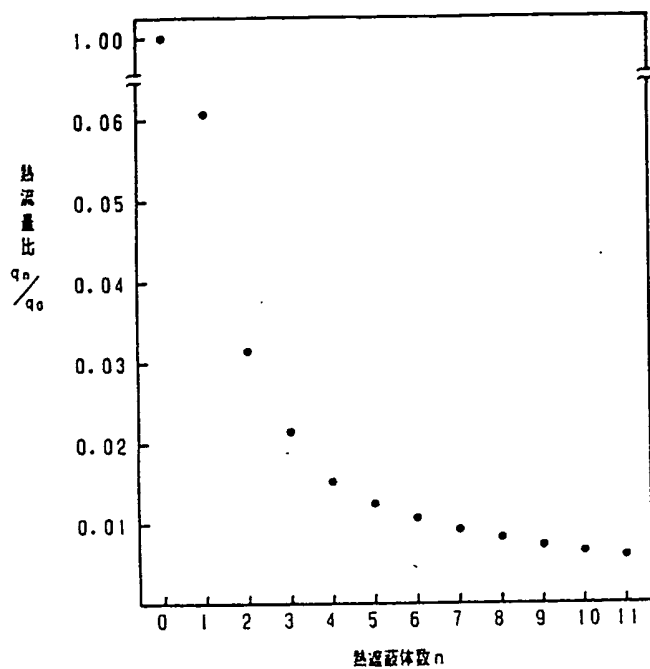
1…つぼ 2…ヒータ 6…熔融層

7…固体層 22…熱遮蔽体

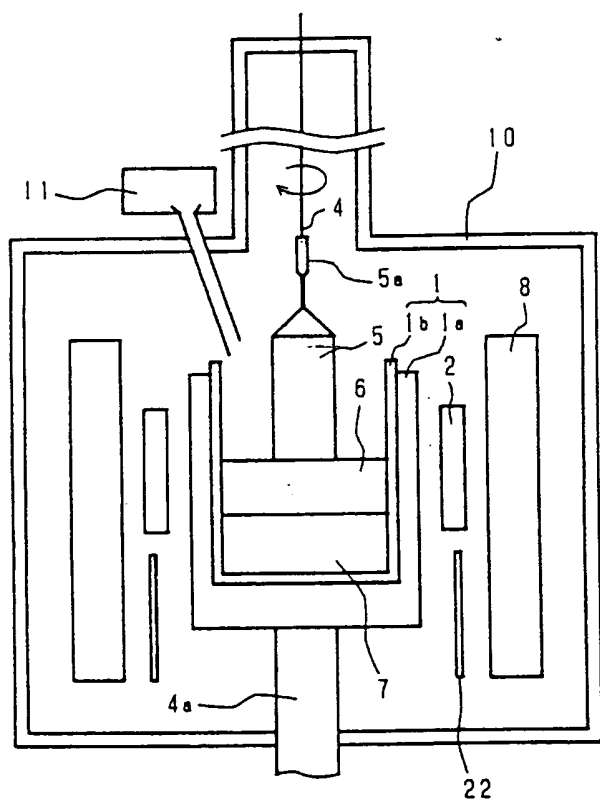
特許出願人 住友金属工業株式会社
代理人 弁理士 河野登夫



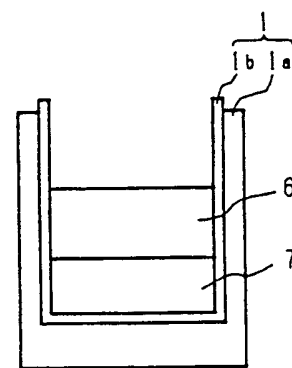
第 1 図



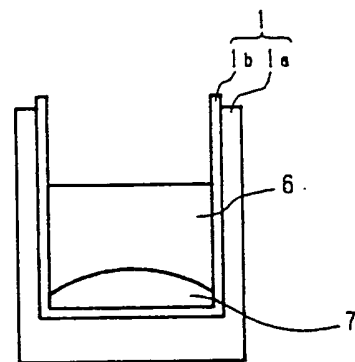
第 2 図



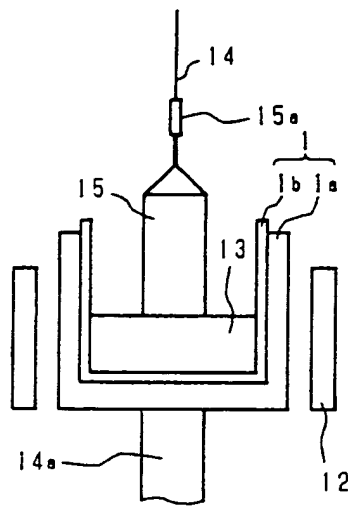
第 3 図



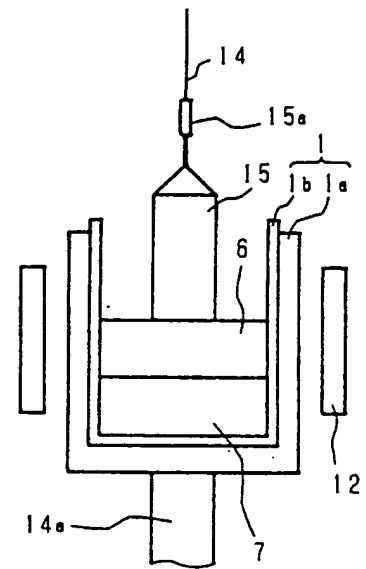
第 4 図



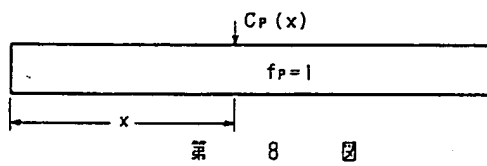
第 5 図



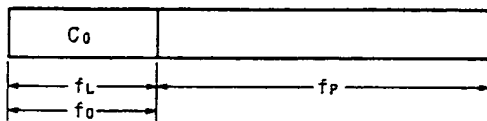
第 6 章



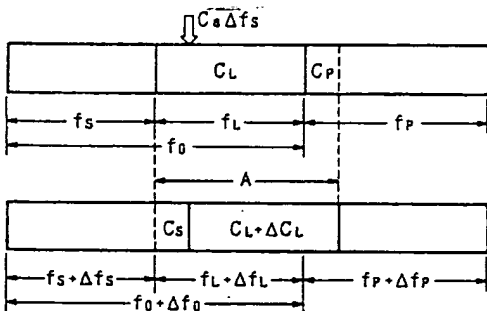
城 7 田



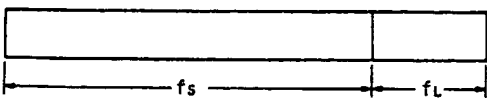
第 8 回



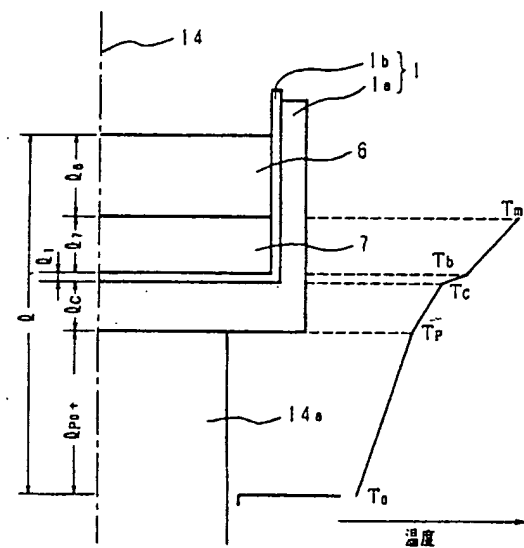
第 9 章



10



11 11 11



第 12 回